مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره سی و یک، شماره یازدهم، بهمن ۱۴۰۲
تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۹/۲۸

مقایسه مولفه‌های عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل زمین افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی با افراد سالم در حین راه رفتن

مصطفی پاینده*[۱]، حسن دانشمندی[۱]

مقاله پژوهشی

مقدمه: هدف از تحقیق حاضر مقایسه مولفه‌های عمودی، داخلی - خارجی و قدامی - خلفی نیروی عکس‌العمل زمین بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی با افراد سالم در حین راه رفتن بود.

روش بررسی: تحقیق حاضر از نوع مقطعی تحلیلی بود. شرکت‌کنندگان این پژوهش شامل ۴۶ نفر که به دو گروه افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی و گروه سالم تقسیم شدند. برای ارزیابی مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین از دستگاه صفحه نیروسنج استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تی مستقل و با استفاده از نرم‌افزار SPSS version 16 مورد تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج: نتایج تحقیق مرتبط با مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نشان داد که افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی هم در ضربه پاشنه و هم در هنگام جدا شدن پنجه پا از زمین به نسبت افراد سالم نیروی بیشتری را به زمین وارده کرده‌اند، هر چند اختلاف بین دو گروه معنی‌دار نبود (p=۰/۰۹ و p=۰/۳۵) ولی این اختلاف در هنگام ضربه پاشنه بیشتر از زمان جداشدن پنجه پا از روی زمین بود. در مورد مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین نتایج تحقیق نشان داد که افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی در همه مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل، نیروی بیشتری به زمین وارد کرده‌اند ولی بررسی دقیق‌تر نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین اختلاف در جهت‌های خلفی (p<۰/۰۰۷) و خارجی (p<۰/۰۲) رخ داده است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های تحقیق نشان داد که افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی در ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس در جهت‌های خلفی و خارجی به شکل معنی داری نیروی عکس‌العمل بیشتری را به نسبت افراد سالم به زمین وارد می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: کنترل حرکت، رباط صلیبی قدامی، توانبخشی، بازگشت به ورزش

ارجاع: پاینده مصطفی، دانشمندی حسن. **مقایسه مولفه‌های عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل زمین افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی با افراد سالم در حین راه رفتن.** مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۴۰۲؛ ۳۱ (۱۱): ۵۴-۷۲۴۳.

۱-گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۱۷۳۶۷۵۲۹۹، پست الکترونیکی: paradise.gheshm2011@gmail.com، صندوق پستی :۷۹۵۳۱۵۶۸۳۹

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

مقدمه

آسیب رباط صلیبی قدامی برای ورزشکاران جوان می‌تواند نتایج ناگواری را به همراه داشته باشد، البته نه صرفا به خاطر آسیب اولیه بلکه به خاطر ناکارآمدی دائمی، اختلالات طولانی مدت در مکانیک زانو، نقص در عملکرد عضلات به‌خصوص چهار سر ران و کاهش عملکرد عصبی‌عضلانی حتی بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی (۳-۱). این ناکارآمدی منجر به کاهش فعالیت بدنی، درد دائمی، کاهش کیفیت زندگی و افزایش خطر استئوآرتریت زودرس در این افراد می‌شود (۲). همان‌طور که مطالعات گذشته نشان داده‌اند الگوهای حرکتی و بارگذاری غیر نرمال اندام تحتانی در طول راه رفتن با ایجاد استئوآرتریت پس از تروما به دنبال آسیب و بازسازی رباط صلیبی قدامی مرتبط است (۷-۴). این فرضیه وجود دارد که تغییرات زیان‌آور در بافت مفصل در پاسخ به بارگذاری چرخه‌ای بیش از حد و ناکارآمد رخ می‌دهد. به همین خاطر بارگذاری مناسب در طول راه‌رفتن باید به دنبال بازسازی رباط صلیبی قدامی (Anterior Cruciate Ligament Reconstruction) بازیابی شود تا خطر ابتلا به استئوآرتریت کاهش یابد (۸,۹). اگرچه برخی از برنامه‌های توانبخشی اخیر ACLR شامل مؤلفه‌های کیفیت حرکت است (۱۰)، ولی بیشتر برنامه‌های توانبخشی سنتی بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی بر بازیابی قدرت، بازگشت دامنه حرکتی و بهبود انجام یک وظیفه عملکردی مانند پرش و فرود تمرکز دارند (۱۱). عدم تمرکز بر ایجاد بیومکانیک بهینه در راه رفتن باعث می‌شود بیومکانیک راه رفتن در اندام آسیب دیده برای سال‌ها پس از آسیب رباط صلیبی قدامی و حتی بعد از بازسازی آن در مقایسه با اندام آسیب ندیده طرف مقابل و همچنین با افراد سالم تغییر کند (۱۲,۱۳). یکی از مولفه‌هایی که می‌توان از آن جهت بررسی تغییرات بیومکانیکی به خصوص تغییرات کینتیکی استفاده کرد، مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین است. استفاده از مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین به عنوان یک متغیر بیومکانیکی برای بررسی تغییرات در علائم بالینی و تخریب مفصل در افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی توسط مطالعاتی که اخیراً انجام شده است پشتیبانی می‌شود (۷،۱۵،۱۴). مطالعات زیادی ثابت کرده‌اند که تغییرات مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین رابطه مستقیمی با افزایش تخریب غضروف و شدت بیشتر استئوآرتریت دارد (۱۹-۱۶). تحقیق پیترسایمون و همکاران (۲۰۱۶)، نشان داد که افزایش مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین یک عامل تاثیر گذار بر سایر عوامل بیومکانیکی و بیولوژیکی مرتبط با استئوآرتریت زانو است (۱۴). بیشتر تمرکز مطالعات گذشته بر روی مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین بوده است (۲۲-۲۰،۱۸،۱۷). علی‌رغم مهم بودن مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین جهت تشخیص میزان نیروهای وارده به بدن متاسفانه توجه کمتری به مولفه‌های افقی یعنی مولفه‌های داخلی - خارجی و قدامی - خلفی در مطالعات گذشته شده است. با بررسی نیروی عکس‌العمل زمین که در جهت‌های دیگر وارد می‌شود، جدا از محاسبه مقدار نیروهای وارد شده، می‌توان فهم بهتری از جهت و مسیر برآیند نیروهای عضلانی به دست آورد که نشان می‌دهد کنترل و مسیر نیروهای وارد شده در افراد دارای پارگی رباط صلیبی قدامی بعد از بازسازی آن به کدام سمت بیشتر سوق پیدا می‌کند. هونستاین و همکارانش (۲۰۲۰) در تحقیقی که در مورد مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که این مولفه‌ها می‌توانند نشان‌دهنده چگونگی جهت انتقال نیرو از بخش‌های بازو، تنه و لگن به سمت پایی که بر روی زمین قرار دارد باشند، و ما از این مولفه‌ها می‌توانیم درک بیومکانیکی بهتری از مقدار و جهت برآیند نیروهای عضلانی به سمت پاها و هم چنین کنترل حرکت داشته باشیم (۲۳). به همین خاطر با توجه به اهمیت مطالعه مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین به خصوص مولفه‌های افقی که متاسفانه تا الان مطالعه‌ایی در این زمینه بر روی افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی انجام نشده است، ضروری است که در کنار مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین، مولفه‌های افقی نیز مورد بررسی قرار گیرند. به همین خاطر هدف از تحقیق حاضر بررسی مقدار مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین، و هم‌چنین بررسی مقدار و جهت مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین از جمله مولفه‌های داخلی،

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

خارجی، قدامی و خلفی بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی در حین راه رفتن و مقایسه آن با افراد سالم می‌باشد.

روش بررسی

این تحقیق از نوع مقطعی تحلیلی بود. تمام مراحل ارزیابی و ثبت داده‌های تحقیق نیز در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد جزیره قشم انجام شد. همه شرکت‌کنندگان با توجه به معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند. جامعه آماری این تحقیق شامل ورزشکاران (رشته فوتبال و والیبال) شهرستان قشم و شهر بندرعباس که حداقل شش ماه از بازسازی رباط متقاطع قدامی آنها گذشته بود انتخاب گردید. برای تعیین حجم نمونه، از مطالعات قبلی مشابه (۲۴,۲۵) و از نرم افزار G*Power استفاده شد، بر اساس خروجی این نرم‌افزار حداقل حجم نمونه ۲۰ نفر برآورد شد تا سطح معناداری ۵ درصد و اندازه اثر ۹۵ درصد حاصل شود. نمونه آماری این تحقیق شامل ۴۶ نفر بودند که با توجه به معیارهای ورود و خروج به دو گروه (۲۳ نفر افراد دارای بازسازی رباط متقاطع قدامی و ۲۳ نفر گروه سالم) تقسیم شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل: دارا بودن حداقل دو سال سابقه فعالیت منظم به مدت سه روز در هفته، گذشت حداقل شش ماه از بازسازی رباط متقاطع قدامی، دامنه سنی ۱۸ تا ۴۰ سال، کسب اجازه پزشک ارتوپد جهت ورود به تحقیق رضایت داوطلبانه آزمودنی‌ها برای شرکت در تحقیق و معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل: داشتن درد، داشتن ضایعات دیگر در زانو و سایر مفاصل، مصرف هرگونه داروی موثر بر سیستم عصبی – عضلانی بود.در این پژوهش سعی شد تا آزمودنی‌ها از لحاظ شاخص‌هایی همچون قد، وزن و سن، همسان‌سازی شوند تا تأثیر این متغیرها بر روی نتایج پژوهش به حداقل برسد. ویژگی‌های دموگرافیک این افراد در جدول ۱ آورده شده است. بعد از انتخاب نمونه‌ها روند تحقیق برای آزمودنی‌ها شرح داده شد. قبل از اجرای آزمون رضایت‌نامه‌ای مبنی بر شرکت داوطلبانه در این تحقیق در بین نمونه‌ها توزیع و پس از تکمیل و امضاء توسط آزمودنی‌ها، فرم‌ها جمع‌آوری گردید.

چگونگی ثبت و نحوه محاسبه مولفه‌های عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل زمین: مولفه‌های عمودی و افقی (داخلی – خارجی و قدامی - خلفی) نیروی عکس‌العمل زمین توسط دستگاه نیروسنج (فورس پلیت) مدل ۹۲۸۱ ساخت شرکت کیستلر (کشور سوئیس) با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. افراد در فاصله هفت متری صفحه نیرو قرار گرفته و در مسیر مشخص شده (گیت وی) شروع به راه‌رفتن می‌کردند. صفحه نیرو پوشیده شده بود تا ریتم راه رفتن طبیعی دچار تغییر نشود. هر فرد سه بار بر روی صفحه نیرو قدم می‌گذاشت و در صورتی‌که کل پای فرد با صفحه نیرو تماس نداشت این تکرار لحاظ نمی‌شد. برای مشخص شدن مراحل برخورد پاشنه با زمین و جدا شدن پنجه از آستانه ۱۰ نیوتن استفاده شد. برای قابل مقایسه بودن مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین بین آزمودنی‌ها، به‌وسیله نرم‌افزار متلب زمان بروز متغیرها براساس درصدی از کل زمان برخورد پا با زمین تنظیم شد (۲۶). جهت مقایسه افراد با همدیگر و برای استاندارد کردن داده‌های مربوط به مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین، اعداد به‌دست آمده از صفحه نیروسنج برای هر فرد، تقسیم بر وزن آن‌ها براساس نیوتون و ضربدر ۱۰۰ شد تا عامل وزن افراد به یک عامل بی‌تاثیر در محاسبات آماری تبدیل شود. هم‌چنین تمام داده‌ها با فیلتر باتروث ۲۰ هرتز فیلتر گردید (۲۹-۲۶). برای مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین دو مرحله ضربه پاشنه و جدا شدن پنجه از زمین مورد ارزیابی قرار گرفت (نمودار ۱) و هم‌چنین برای مولفه‌های افقی (قدامی-خلفی و داخلی - خارجی) برای هر کدام از مولفه‌ها، زمان اوج ورود نیروها مورد ارزیابی و محاسبه قرار گرفت (نمودار ۲).

تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل داده‌ها نیز از آزمون شاپیروویلک (Shapiro-Wilk) برای بررسی نرمال بودن و هم‌چنین از تست لون (Levene's test) برای بررسی همگن بودن داده‌ها استفاده شد. پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع و هم‌چنین همگن بودن داده‌ها از آزمون تی مستقل (Independent t) برای مقایسه دو گروه ACLR و افراد سالم در سطح معناداری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS version 16 استفاده شد.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

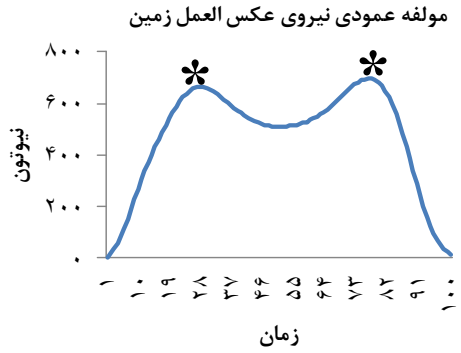
جدول ۱: میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	میانگین ± انحراف معیار	p
سن (سال)	افراد ACLR*	۲۳/۶۸ ± ۸/۲۹	۰/۱۷۶
	افراد سالم	۲۴/۳۱ ± ۷/۲۸	
قد (سانتی متر)	افراد ACLR	۱۸۳/۰۱ ± ۴/۸۲	۰/۰۹۸
	افراد سالم	۱۷۹/۹۸± ۵/۱۴	
وزن (کیلو گرم)	افراد ACLR	۷۴/۵۶ ± ۶/۰۹	۰/۴۳۵
	افراد سالم	۷۳/۶۰ ± ۶/۱۸	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	افراد ACLR	۲۴/۳۲ ± ۱/۸۹	۰/۱۲۸
	افراد سالم	۲۴/۰۲ ± ۲/۱۴	
میانگین مدت زمانی که از بازسازی رباط گذشته است	افراد ACLR	۹ ماه و ۱۸ روز	----
	افراد سالم		

* Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

نتایج

با توجه به (جدول ۱)، نتایج تحقیق مرتبط با مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نشان داد که افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR) هم در ضربه پاشنه و هم در هنگام جدا شدن پنجه پا از زمین به نسبت افراد سالم نیروی بیشتری را به زمین وارده کرده‌اند، هر چند اختلاف بین دو گروه معنی‌دار نبود (p=۰/۰۹ و p=۰/۳۵) ولی این اختلاف در هنگام ضربه پاشنه بیشتر از زمان جداشدن پنجه پا از روی زمین بود (جدول ۲). در مورد مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین نتایج تحقیق نشان داد که افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی در همه مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین شامل؛ مولفه‌های قدامی، خلفی، داخلی و خارجی به نسبت افراد سالم، به زمین نیروی بیشتری وارد کرده‌اند ولی بررسی دقیق‌تر نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین اختلاف بین دو گروه در ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس و در جهت‌های خلفی (p<۰/۰۰۷) و خارجی (p<۰/۰۲) رخ داده است، و این اختلاف بین دو گروه معنی‌دار بود (جدول ۳).

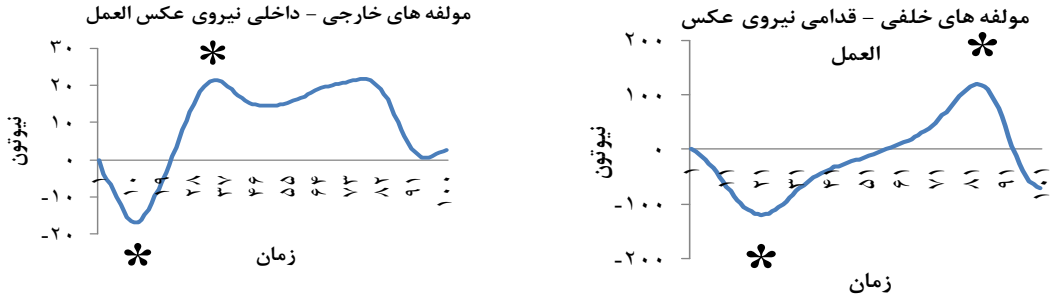


نمودار ۱: مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین. (*) دو زمانی‌که نیروی وارده مورد ارزیابی قرار گرفتند

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0



نمودار ۲: مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین، (*) زمان‌هایی که نیروهای وارده مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند

جدول ۲: نتایج مولفه‌های عمودی (ضربه پاشنه و جدا شدن پنجه) نیروی عکس‌العمل زمین براساس درصدی از وزن بدن به کیلو گرم بین دو گروه ACLR و گروه سالم

عضلات منتخب	گروه	میزان مولفه ها نیروی عکس‌العمل زمین میانگین و انحراف معیار	مقدار T	P
مولفه عمودی - ضربه پاشنه	*ACLR سالم	۱۲۸/۶۸ ± ۸/۱۸ ۱۲۴/۰۹ ± ۱۰/۳۶	۱/۹۸	۰/۰۹
مولفه عمودی - جدا شدن پنجه	ACLR سالم	۱۳۱/۹۴ ± ۷/۹۵ ۱۳۰/۲۴ ± ۷/۸۱	۱/۶۷	۰/۳۵

* Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

جدول ۳: نتایج مولفه‌های افقی (قدامی – خلفی و داخلی- خارجی) نیروی عکس‌العمل زمین براساس درصدی از وزن بدن به کیلو گرم بین دو گروه ACLR و گروه سالم

مولفه‌های افقی نیروی عکس‌العمل زمین	گروه	میزان مولفه ها نیروی عکس‌العمل زمین میانگین و انحراف معیار	مقدار T	P
جهت قدامی	ACLR* سالم	۲۷/۱۰± ۳/۲۵ ۲۶/۶۲ ± ۲/۹۴	۰/۲۴	۰/۶۷
جهت خلفی	ACLR سالم	-۳۷/۲۹ ± ۳/۱۸ -۲۶/۱۰± ۳/۳۸	-۵/۲۱	*۰/۰۰۷
جهت داخلی	ACLR سالم	۳/۶۷ ± ۰/۸۹ ۳/۴۹ ± ۰/۵۷	۰/۱۶	۰/۴۰
جهت خارجی	ACLR سالم	-۳/۶۷ ±۰/۱۰ -۱/۹۶ ± ۰/۳۲	-۴/۱۸	*۰/۰۲

* Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

بحث

هدف از تحقیق حاضر مقایسه مولفه‌های عمودی، و مولفه‌های افقی (قدامی، خلفی، داخلی و خارجی) نیروی عکس‌العمل زمین در مرحله استنس بین دو گروه افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR) با میانگین گذشت ۹ ماه از بازسازی رباط صلیبی قدامی و گروه افراد سالم بود. در ابتدا نتایج تحقیق نشان داد که افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی به نسبت افراد سالم در جهت عمودی نیروی بیشتری هم در مرحله ضربه پاشنه و هم در مرحله جدا شدن پنجه پا، به زمین وارد می‌کنند هر چند این نتایج نشان داد که این اختلاف بین دو گروه معنی‌دار نیست. در ادامه بررسی دقیق‌تر متغیرهای تحقیق و هم‌چنین بررسی مراحل راه‌رفتن نشان داد که در هنگام ضربه پاشنه که

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

حدود ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس را تشکیل می‌دهد هم در مولفه عمودی و هم در مولفه افقی بیشترین اختلاف بین دو گروه وجود دارد. در این مرحله مولفه خارجی، مولفه خلفی و پیک اول مولفه عمودی رخ می دهد. میزان نیروی وارده در هر سه مولفه در افراد ACLR به نسبت افراد سالم افزایش یافته است، و این افزایش در مولفه خلفی و خارجی معنی‌دار بوده است. نتایج تحقیق حاضر که نشان داد بیشترین اختلاف بین دو گروه که در ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس رخ می‌دهد با نتایج تحقیق یانگ چن و همکاران (۲۰۱۸) و آکپینار و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد، نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین اختلاف بین دو گروه ACLR و گروه سالم در ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس رخ داده است، هر چند باید اشاره کرد که هر دو مطالعه به‌طور مستقیم مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین را مورد ارزیابی قرار نداده بودند و هدف مطالعه آن‌ها بررسی تغییرات کینماتیکی افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی با افراد سالم بود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بعد از آسیب رباط صلیبی قدامی حرکت گلاید قدامی افراد آسیب دیده به نسبت افراد سالم در ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس افزایش یافته است (۳۰،۳۱). طبق مطالعات گذشته افزایش گلاید قدامی در مفصل زانو به دلیل کارکرد نامناسب رباط صلیبی قدامی با افزایش مولفه خلفی نیروی عکس‌العمل زمین همراه است (۳۲). در مورد افزایش مولفه خارجی نیروی عکس‌العمل زمین افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی، تحقیق ژانگ (۲۰۱۶) و همکاران نیز نشان داد که در هنگام راه رفتن بر روی تریدمیل افراد دارای آسیب رباط صلیبی قدامی دارای چرخش خارجی بیشتری نسبت به افراد سالم هستند، که این افزایش چرخش خارجی باعث کاهش کنترل حرکت در جهت خارجی و متعاقب آن افزایش مولفه خارجی نیروی عکس‌العمل زمین می‌شود (۳۳). در مورد مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نیز نتایج تحقیق پیکت و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که پیک اول مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین بعد از گذشت ۱۲ ماه از بازسازی رباط صلیبی قدامی به نسبت افراد سالم افزایش یافته است (۳۴). یک توضیح احتمالی در مورد تفاوت‌های GRF بین دو گروه در مراحل اولیه استنس تغییر در پیش برنامه‌ریزی الگوهای حرکتی در طول مرحله سوئینگ و ایجاد تغییر در مراحل اولیه استنس است. نقص در حس موقعیت در طول دوره قبل از برخورد پا با زمین احتمالاً منجر به شکست در اتخاذ موقعیت بهینه جذب نیرو در هنگام برخورد پاشنه با زمین می‌شود (۳۵،۳۶). این مسئله از اهمیت بسیار بالایی بر خوردار است، زیرا نقش عضله همسترینگ و پهن میانی دقیقا بلافاصله بعد از ضربه پاشنه جهت کنترل بهتر حرکت و جذب نیروی برشی قدامی (که با مولفه خلفی نیروی عکس‌العمل زمین سنجیده می‌شود) و کمک به کاهش تنش وارده به رباط صلیبی قدامی و هم‌چنین کاهش چرخش خارجی حیاتی است. در مطالعات گذشته حداکثر نیروی خلفی عکس‌العمل زمین معادل نیروی برشی قدامی زانو و اعمال فشار بر ACL در نظر گرفته شده است (۴۰-۳۷). این نتایج نشان می‌دهد که ناکارآمدی کنترل حرکت در مرحله سوئینگ و متعاقب آن کاهش جذب نیرو و افزایش نیروهای وارده به‌خصوص نیروی خلفی و خارجی عکس‌العمل زمین در اوایل مرحله استنس باعث افزایش ورود فشار بیشتر به زانو به خصوص به رباط صلیبی قدامی در افراد ACLR شده است. افزایش نیروهای عکس‌العمل زمین رابطه مستقیمی با نقص در سیستم کنترل حرکت دارد (۴۱). خلق یک حرکت و هم‌چنین کنترل آن حرکت در جهت به‌دست آمدن بهترین بهره‌وری حرکتی با سیستم عصبی - عضلانی- اسکلتی است (۴۲). تحقیق هیروکس و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که استراتژی‌های حرکتی افراد دارای آسیب رباط صلیبی قدامی به نسبت افراد سالم از حالت نیمه‌خودکار به حالت ارادی‌تر سوق پیدا می‌کند و این افراد به شکل ارادی‌تر زانوی خود را حرکت می‌دهند (۴۳). این بدان معنی است که ما برای فهم بهتر علت افزایش نیروهای عکس‌العمل زمین به‌خصوص در مراحل اولیه استنس در افراد ACLR نیاز هست به سیستم و استراتژی‌های حرکتی توجه کنیم تا صرفا یک عضله خاص. به‌خصوص با توجه به نتایج تحقیق حاضر توجه به استراتژی انقباض عضلات چهارسر ران و همسترینگ در برنامه توانبخشی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. همان‌طورکه مطالعات گذشته ثابت کرده‌اند تغییر در الگوها و استراتژی فعال‌سازی عضلات بعد از آسیب، باعث کاهش کیفیت کنترل حرکت و متعاقب افزایش ورود نیروهای وارده از زمین به مفاصل می‌شود (۴۴،۴۵). این نکته از

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

اهمیت بسیار بالایی برخوردار است که صرفاً توجه به رویکرد تقویت عضلات ضعیف شده به‌خصوص عضله چهارسر ران و عضله همسترینگ بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی بدون توجه به الگوها و استراتژی فعال‌سازی این عضلات رویکردی ناکارآمد است (۳). همان‌طور که تحقیق هوشیبا و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که تغییرات در مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام راه رفتن نمی‌تواند به دلیل ضعف عضله چهار سر ران که بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی رخ می‌دهد باشد (۴۶). این در حالی است که به‌طور سنتی، تست‌های تشخیصی و تمرینی جهت بازگشت به فعالیت بر توانایی‌های حرکتی مانند قدرت، دامنه حرکت و هماهنگی متمرکز شده‌اند و بر روی الگوها و استراتژی فعال‌سازی این عضلات که مستقیماً بر روی کنترل حرکت و کاهش مولفه‌های نیروی‌های عکس‌العمل زمین در راستای کاهش آسیب مفصل و هم چنین آسیب مجدد رباط نقش دارند هیچ‌گونه ارزیابی و نظارتی ندارند (۴۵). همان‌طور که اشاره شد شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد پیامدهای پارگی ACL فراتر از چهارچوب‌های پروتکل‌های توانبخشی است. این مهم است زیرا کمبودهای توصیف شده در رویکردهای توانبخشی ممکن است، با استفاده از رویکردهای توانبخشی کلاسیک حل نشوند، به خصوص بهبود در استراتژی انقباض عضلات چهار سر ران و همسترینگ و متعاقب آن کنترل بهتر حرکت و کاهش مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین. به همین خاطر پیشنهاد می‌شود متخصصان توانبخشی در رویکرد برنامه‌های توانبخشی خود در جهت بهبود کنترل حرکت و متعاقب آن برای کاهش مولفه های خلفی، خارجی و عمودی نیروی عکس‌العمل زمین تمرکز ویژه‌ای داشته باشند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق نشان داد که بیشترین اختلاف بین دو گروه افراد با سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی و گروه افراد سالم در ۲۰ درصد اولیه مرحله استنس رخ می‌دهد. هم‌چنین نتایج تحقیق نشان داد که گروه با بازسازی رباط صلیبی در دو جهت خلفی و خارجی به شکل معنی‌داری نیروی عکس‌العمل زمین بیشتری به نسبت افراد گروه سالم بودند.

سپاس‌گزاری

تحقیق حاضر برگرفته از رساله دکتری در رشته آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه گیلان می‌باشد. بدین‌وسیله از تمامی عزیزانی که ما را در راستای اجرای این تحقیق یاری رساندند، کمال قدردانی و تشکر را داریم.

حامی مالی: دانشگاه گیلان

تعارض در منافع: وجود ندارد

ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر قسمتی از رساله دکتری در رشته آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه گیلان و دارای تاییدیه کد اخلاق با شناسه IR.GUILAN.REC.1401.082 از کمیته دانشگاهی اخلاق در پژوهش زیست‌پزشکی آن دانشگاه می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

مصطفی پاینده، حسن دانشمندی در ارائه ایده، مصطفی پاینده، حسن دانشمندی در طراحی مطالعه، مصطفی پاینده در جمع‌آوری داده‌ها، مصطفی پاینده و حسن دانشمندی در تجزیه و تحلیل داده‌ها مشارکت داشته و همه نویسندگان در تدوین، ویرایش اولیه و نهایی مقاله و پاسخگویی به سوالات مرتبط با مقاله سهیم هستند.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

References:

1- Goetschius J, Hertel J, Saliba SA, Brockmeier SF, Hart JM. ***Gait Biomechanics in Anterior Cruciate Ligament-Reconstructed Knees at Different Time Frames Postsurgery.*** MSSE J 2018; 50(11): 2209-16.

2-Knurr KA. ***Recovery of Running Biomechanics after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*** [dissertation]. Madison, Wis: University of Wisconsin Madison; 2023.

3-Lepley AS, Grooms DR, Burland JP, Davi SM, Kinsella-Shaw JM, Lepley LK. ***Quadriceps Muscle Function Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Systemic Differences in Neural and Morphological Characteristics.*** Exp Brain Res 2019; 237(5): 1267-78.

4-Andriacchi TP, Favre J, Erhart-Hledik JC, Chu CR. ***A Systems View of Risk Factors for Knee Osteoarthritis Reveals Insights into the Pathogenesis of the Disease.*** Ann Biomed Eng 2015; 43(2): 376-87.

5-Azus A, Teng HL, Tufts L, Wu D, Ma CB, Souza RB, et al. ***Biomechanical Factors Associated with Pain and Symptoms Following Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction.*** PM R 2018; 10(1): 56-63.

6-Erhart-Hledik JC, Chu CR, Asay JL, Andriacchi TP. ***Gait Mechanics 2 Years after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction are Associated with Longer-Term Changes in Patient-Reported Outcomes.*** J Orthop Res 2017; 35(3): 634-40.

7-Pietrosimone B, Blackburn JT, Padua DA, Pfeiffer SJ, Davis HC, Luc-Harkey BA, et al. ***Walking Gait Asymmetries 6 Months Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Predict 12-Month Patient-Reported Outcomes.*** J Orthop Res 2018; 36(11): 2932-40.

8-Leong DJ, Li YH, Gu XI, Sun L, Zhou Z, Nasser P, et al. ***Physiological Loading of Joints Prevents Cartilage Degradation through CITED2.*** FASEB J 2011; 25(1): 182-91.

9-Sun HB, Zhao L, Tanaka S, Yokota H. ***Moderate Joint Loading Reduces Degenerative Actions of Matrix Metalloproteinases in the Articular Cartilage of Mouse Ulnae.*** Connect Tissue Res 2012; 53(2): 180-6.

10-White K, Di Stasi SL, Smith AH, Snyder-Mackler L. ***Anterior Cruciate Ligament- Specialized Post-Operative Return-To-Sports (ACL-SPORTS) Training: A Randomized Control Trial.*** BMC Musculoskelet Disord 2013; 14: 108.

11-Lepley LK. ***Deficits in Quadriceps Strength and Patient-Oriented Outcomes at Return to Activity after ACL Reconstruction: A Review of the Current Literature.*** Sports Health 2015; 7(3): 231-8.

12-Patterson MR, Delahunt E, Caulfield B. ***Peak Knee Adduction Moment during Gait in Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Females.*** Clin Biomech (Bristol, Avon) 2014; 29(2): 138-42.

13-Webster KE, Feller JA, Wittwer JE. ***Longitudinal Changes in Knee Joint Biomechanics during Level Walking Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery.*** Gait Posture 2012; 36(2): 167-71.

14-Pietrosimone B, Seeley MK, Johnston C, Pfeiffer SJ, Spang JT, Blackburn JT. ***Walking Ground Reaction Force Post-ACL Reconstruction: Analysis of Time***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

and Symptoms. Med Sci Sports Exerc 2019; 51(2): 246-54.

15-Shimizu T, Samaan MA, Tanaka MS, Pedoia V, Souza RB, Li X, et al. ***Abnormal Biomechanics at 6 Months are Associated with Cartilage Degeneration at 3 Years after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** Arthroscopy 2019; 35(2): 511-20.

16-Blackburn T, Pietrosimone B, Goodwin JS, Johnston C, Spang JT. ***Co-Activation during Gait Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** Clin Biomech (Bristol, Avon) 2019; 67: 153-9.

17-Evans-Pickett A, Davis-Wilson HC, Luc-Harkey BA, Blackburn JT, Franz JR, Padua DA, et al. ***Biomechanical Effects of Manipulating Peak Vertical Ground Reaction Force Throughout Gait in Individuals 6-12 Months after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** Clinical biomechanics (Bristol, Avon***)*** 2020; 76: 105014.

18-Luc-Harkey BA, Franz JR, Blackburn JT, Padua DA, Hackney AC, Pietrosimone B. ***Real-Time Biofeedback Can Increase and Decrease Vertical Ground Reaction Force, Knee Flexion Excursion, and Knee Extension Moment during Walking in Individuals with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** J Biomech 2018; 76: 94-102.

19-Scanlan SF, Favre J, Andriacchi TP. ***The Relationship between Peak Knee Extension at Heel-Strike of Walking and the Location of Thickest Femoral Cartilage in ACL Reconstructed and Healthy Contralateral Knees.*** J Biomech 2013; 46(5): 849-54.

20-Bates NA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. ***Impact Differences in Ground Reaction Force and Center of Mass between the First and Second Landing Phases of a Drop Vertical Jump and their Implications for Injury Risk Assessment.*** J Biomech 2013; 46(7): 1237-41.

21-Erhart-Hledik JC, Chu CR, Asay JL, B Mahtani G, Andriacchi TP. ***Vertical Ground Reaction Force 2 Years after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Predicts 10-Year Patient-Reported Outcomes.*** J Orthop Res 2022; 40(1): 129-37.

22-Mantashloo Z, Letafatkar A, Moradi M. ***Vertical Ground Reaction Force and Knee Muscle Activation Asymmetries in Patients with ACL Reconstruction Compared to Healthy Individuals.*** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2020; 28(6): 2009-14.

23-Howenstein J, Kipp K, Sabick M. ***Peak Horizontal Ground Reaction Forces and Impulse Correlate with Segmental Energy Flow in Youth Baseball Pitchers.*** J Biomech 2020; 108: 109909.

24-Norouzi K, Hashemi Javaheri A, Ariamanesh A, khoshraftar yazdi N. ***The Effect of Cross Eercise on the Quadriceps Muscle Strength after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** Journal of Paramedical Science and Rehabilitation 2015; 4(1): 49-57.[Persian]

25-Russell W, Pritchard-Wiart L, Manns PJ. ***Clinician Perspectives on Cross-Education in Stroke Rehabilitation.*** Disabil Rehabil 2018; 40(22): 2644-9.

26-Payandeh M, Khoshraftar Yazdi N, Ebrahimi Atri A, Damavandi M. ***Effect of Corrective Exercise Program on the Ground Reaction Force in Student***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

with Flat Foot during Gait Cycle. J Res Rehabil Sci 2014; 10(2): 292-305. .[Persian]

27- Bjornsen E, Berkoff D, Blackburn T, Davis-Wilson H, Evans-Pickett A, Franz J, et al. ***Comparing Ground Reaction Force Profiles in Individuals Early Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction to Individuals with Radiographic Knee Osteoarthritis.*** Osteoarthritis and Cartilage 2023; 31: S134-5.

28- HARITHASAN D, ABD RAZAK NAB. ***A Review of the Analysis of Ground Reaction Force among Adults with Lower Limb Problems.*** Jurnal Sains Kesihatan Malaysia 2023; 21(2): 1-10.

29- Spatholt RJ, Minoughan CE, Gooch C, Harms SP, Taylor ML, Galloway MT, et al. ***Determine the Vertical Ground Reaction Forces and Knee Mechanics with Different Gait Inclinations in the Sheep Model.*** J Orthop Res 2023; 41(4): 779-86.

30- Akpinar B, Thorhauer E, Irrgang JJ, Tashman S, Fu FH, Anderst WJ. ***Alteration of Knee Kinematics after Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction is Dependent on Associated Meniscal Injury.*** Am J Sports Med 2018; 46(5): 1158-65.

31- Yang C, Tashiro Y, Lynch A, Fu F, Anderst W. ***Kinematics and Arthrokinematics in the Chronic ACL-Deficient Knee are Altered Even in the Absence of Instability Symptoms.*** Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018; 26(5): 1406-13.

32- Shelburne KB, Pandy MG, Anderson FC, Torry MR. ***Pattern of Anterior Cruciate Ligament Force in Normal Walking.*** J Biomech 2004; 37(6): 797-805.

33- Zhang Y, Huang W, Yao Z, Ma L, Lin Z, Wang S, et al. ***Anterior Cruciate Ligament Injuries Alter the Kinematics of Knees with or without Meniscal Deficiency.*** Am J Sports Med 2016; 44(12): 3132-9.

34- Evans-Pickett A, Davis-Wilson HC, Luc-Harkey BA, Blackburn JT, Franz JR, Padua DA, et al. ***Biomechanical Effects of Manipulating Peak Vertical Ground Reaction Force Throughout Gait in Individuals 6–12 Months after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** Clin Biomech (Bristol, Avon) 2020; 76: 105014.

35- Caulfield B, Garrett M. ***Changes in Ground Reaction Force during Jump Landing in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint.*** Clin Biomech (Bristol, Avon) 2004; 19(6): 617-21.

36- Konradsen L. ***Sensori-Motor Control of the Uninjured and Injured Human Ankle.*** J Electromyogr Kinesiol 2002; 12(3): 199-203.

37- Heinert BL, Collins T, Tehan C, Ragan R, Kernozek TW. ***Effect of Hamstring-to-Quadriceps Ratio on Knee Forces in Females during Landing.*** Int J Sports Med 2021; 42(03): 264-9.

38- Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. ***Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading.*** Sports Med 2022; 52: 1737-50.

39- Maniar N, Schache AG, Pizzolato C, Opar DA. ***Muscle Contributions to Tibiofemoral Shear Forces and Valgus and Rotational Joint Moments during Single Leg Drop Landing.*** Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2020; 30(9): 1664-74.

40- Nokhodchi N, Hosseini M, Attaran Iraj Z, Rahimi A. ***The Effects of Kinesio-Tape through Facilitation of Hamstring and Inhibition of Quadriceps on Biomechanical Variables Affecting Anterior Cruciate Ligament Injury when Landing in Active***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

Healthy Young Women. Journal of Advanced Sport Technology 2020; 4(2): 104-13.

41-Caulfield B, Garrett M. ***Changes in Ground Reaction Force during Jump Landing in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint.*** Clinical Biomechanics 2004; 19(6): 617-21.

42-Neto T, Sayer T, Theisen D, Mierau A. ***Functional Brain Plasticity Associated with ACL Injury: A Scoping Review of Current Evidence.*** Neural Plast 2019; 2019.

43-Héroux ME, Tremblay F. ***Corticomotor Excitability Associated with Unilateral Knee Dysfunction Secondary to Anterior Cruciate Ligament Injury.*** Knee Surg Sports Traumatol Arthr 2006; 14: 823-33.

44-Grooms DR, Kiefer AW, Riley MA, Ellis JD, Thomas S, Kitchen K, et al. ***Brain-Behavior Mechanisms for the Transfer of Neuromuscular Training Adaptions to Simulated Sport: Initial Findings from the Train the Brain Project.*** J Sport Rehabil 2018; 27(5): 1-5.

45-Wilke J, Vogel O, Ungricht S. ***Can we Measure Perceptual-Cognitive Function during Athletic Movement? A Framework for and Reliability of a Sports-Related Testing Battery.*** Physical Therapy in Sport 2020; 43: 120-6.

46-Hoshiba T, Nakata H, Saho Y, Kanosue K, Fukubayashi T. ***Anteroposterior Ground Reaction Force as an Indicator of Gait Alteration during Treadmill Walking after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.*** The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 2016; 5(1): 95-103.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]

CC BY-NC 4.0

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 31| NO 11 | Feb 2024
Received: 25 Oct 2023
Accepted: 19 Dec 2023

Comparison of the Vertical and Horizontal Components of the Ground Reaction Force of Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Healthy Individuals during Walking

Mostafa Payandeh[†1], Hassan Daneshmandi[1]

Original Article

Introduction: The aim of this research was to compare the vertical, medial-lateral and anterior-posterior components of ground reaction force after anterior cruciate ligament reconstruction with the healthy individuals during walking.

Methods: This was an analytic cross sectional research. The participants of this research included 46 football and volleyball athletes, who were divided into two groups of individuals with anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) and healthy individuals. A force plate was employed to evaluate the components of the ground reaction force while walking.The data were statistically analysed using independent t test and SPSS version 16 software.

Results: The results related to the vertical component of ground reaction force showed that the participants with anterior cruciate ligament reconstruction applied more force to the ground during heel strike and toe-off compared to healthy individuals, although the difference between the two groups was not significant (p=0.09 and p=0.35), but this difference was greater during heel strike. Likewise, the results related to the horizontal components of the ground reaction force showed that participants with anterior cruciate ligament reconstruction applied more force to the ground in all horizontal components of the ground reaction force, but the biggest difference between the two groups was in the first 20% of the stance phase and in the posterior ($p<0.007$) and lateral ($p<0.02$) directions. This difference between the two groups was significant.

Conclusion: The results of the research showed that the most important difference between the two groups occurred in the first 20% of the stance phase. Although among the 6 measured components, only the posterior ($p < 0.007$) and medial ($p < 0.02$) ground force components were significant.

Keywords: Motor Control, Anterior Cruciate Ligament, Rehabilitation, Return to Sports.

Citation: Payandeh M, Daneshmandi H. **Comparison of the Vertical and Horizontal Components of the Ground Reaction Force of Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Healthy Individuals during Walking.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2024; 31(11): 7243-54.

[1]Department of Corrective Exercises and Sports Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

***Corresponding author: Tel:** 09173675299**, email:** paradise.gheshm2011@gmail.com

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-02-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v31i11.14789]